Winter Road Maintenance Activities and the Use of Road Salts in Canada:

A Compendium of Costs and Benefits Indicators.

Winter road maintenance activities present many benefits to the economy and the society in general. Road salts[1], used in aiding to achieve bare pavement quicker, adversely affect the environment on which life depend.

The available basic partial partial indicators of the costs and benefits of winter road maintenance associated with the use of road salts are presented in this document and can be used to extrapolate the benefits of winter maintenance and the costs resulting from the use of road salts for Canada and its provinces.

Table A: Breakdown of Costs and Benefits of Winter Maintenance, Using Road Salts as a De-icer.

Costs	**Benefits**
Direct: • Material Cost (salts) • Equipment cost • Labour Cost	Direct: • Fuel savings • Travel time savings • Avoided Fatality, Injury and vehicle damage
Indirect: • Cost to Infrastructures • Cost to motor Vehicles (on-road) • Cost to the Environment	Indirect: • Reduction in liability claims to road authority (associated to hazardous driving conditions). • Maintain the economic activity (production, transportation, and earnings) • Maintain access to social activities.

The underlying components of the various costs and benefits reported in table A will be used to identify and classify the acquired economic partial indicators available to date. Partial indicators represented in this document by a dollar figure are expressed in term of Canadian dollar of 1998 (data is adjusted for inflation and exchange rate).

Section 1: Partial Indicators Associated With Salt Application To Roads

Based on our extensive research of the literature, including the Internet and other personal communications, this section presents the available partial indicators of costs and benefits of winter maintenance associated with the road application of salts - The partial indicators must be used only within proper context; Contact REAB Regulatory & Economic Analysis Branch) for information on how to adapt the partial indicators to specific cases.

Partial Indicators Of Costs Of Winter Maintenance With The Use Of Road Salts

	Indicators
Direct Costs	
General partial indicators	
Based on data received from one of the provinces that were contacted (not for Ontario), we estimated that:	
• Winter maintenance direct cost per kilometre of highways to be around \$530/km^2	**\$530/km**
• Winter maintenance direct cost per tonne of salt applied to highways, for that same province, is around \$320/tonne [3]	**\$320/tonne**
Material (Road salts)	
• The price of salt in Canada vary from location to location and can range between \$20[4] to \$80. The price is estimated to be on average \$50 per tonne for the country.	**\$50 per tonne**
Salt application	
• Equipment cost, for one of the provinces, is estimated to be on average \$30[5] per hour-equipment (truck, snow plow, etc.).	**\$30/hour/vehicl.**
• Labour cost is estimated to be between \$14-\$23[6] per hour-worker for one of the provinces. According to the Transportation Research Board, this cost is estimated to be around \$38[7] per hour-worker.	**\$14-\$23/hour-worker. TRB estimated it to be \$38/hour-worker**
Indirect Costs	
Infrastructures[8]	
• Bridge: It is estimated that 1.5% of existing bridge surface need to be repaired every year due to salt contamination.	**1.5% of bridges per year**
◦ The cost to repair a bridge deck affected by salt is on average \$763[9] per square metre per year.	**\$763/m^2/yr.**
◦ Protection cost against salt contamination of a new constructed bridge deck is estimated to average \$76[10] per square metre.	**\$76/m^2**
• Garage[11]: on average, 1/10 of existing garages per year needs to be repaired during a 10 years period (1% per year).	**1/10 of garages / yr.**

- The repair cost of a typical multi-level garage is on average $143[12] per square metre. — **$143/ m²**
- It is estimated that the annual cost to repair a problem bridge to be $300,000[13]. Assuming 50% of the repair needed is caused by Salt contamination, we estimate the cost to be around $150,000 per year per garage (600 parking-garages per year need to be repaired in Canada) — **$150,000/yr/gar.**
- The cost of additional protection for a new constructed garage is equal to 1%[14] of the initial construction cost. — **1% initial cost**
- Underground utilities: *Corrosion cost to underground utilities: is estimated to be 5[15] times greater than the cost per tonne to apply salt to road (5 * $319/tonne = $1595/tonne).* — *$1595/tonne*

Vehicles (on-road) — **$143/vehicle/yr**

- Vehicle depreciation cost due to road salt corrosion is estimated to be $143[16] per vehicle per year. — **$316/vehicle**
- Vehicle protection cost to salt-related corrosion is estimated to be $316[17] per new vehicle. Considering advances in modern technology of automobile industry, this indicator can be considered as being over estimated. From our communication with car dealers in the Ottawa-Hull area, we estimated this cost to be around $29[18] per car per year. — **$29/yr/vehicle**

Environment: — **20% of water wells**

Water

- Water wells: It is estimated that for one of the provinces, 20%[19] of the water wells located close to heavily salted highways are contaminated by road salt. — **$5,500 - $16,000 per well per yr. ($10,000/well/yr for Ontario)**
  - Based on data from some of the provinces, we estimated the cost of well claims to range from $5,500 to $16,000 per well per year.
- Surface Water: No data regarding the cost of salt contamination to surface water is available.

1.86 tree/ km/yr

Vegetation

- Trees: It is estimated that, on the side of a highway, an average of 1.86 trees per km, is affected by salt and need to be replaced each year[20]. It is estimated that in down town Ottawa, the average mortatility rate of trees is 10%-15%[21] per year (not essentially due to road salt). — **$886/ tree**
  - According to the Transportation Research Board, the cost to replace one mature tree is estimated at $886[22]. The city of Ottawa estimated that the total cost to replace a mature tree to be around $300 (for one young tree and two years of maintenance). — **$300/tree (City of Ottawa)**
- Shrub: 0.6 salt contaminated shrub per km need to be — **$115/0.6 shr/km $25/Shr (City of Ottawa)**

replaced at a cost of $115[23] on average per year. The City of Ottawa estimate that the replacement cost per year of one shrub to be $25.

$378/ha

- Grass: repair cost of salt damaged grass is estimated to be on average $378[24] per hectare per year.

$473/ha/yr

Soil

- Soil contaminated by salt can be treated, using gypsum, at an estimated total cost of $473[25] per hectare per year.

Biota

- We have no partial indicators regarding the cost, due to the use of road salt, to wildlife (Deer, Mooses, Birds) and non salt-tolerant aquatic organisms that live in non salted water (Fish, micro-organism, and aquatic plant).

Partial Indicators Of Benefits Of Winter Maintenance With The Use Of Road Salt

Direct Benefits

Vehicles (on-road)

- Fuel savings: Driving in bare road conditions allow savings in fuel of up to 33%[26] as compared to when roads are snowy or icy.

33% less fuel

  - Fuel efficiency[27]: fuel efficency per 100 kilometeres is approximated at 11 litres for autos and light trucks, and 17 litres for gas trucks.

11l/100kms
17l/100kms

  - We estimated that the monetary value of fuel savings for autos and light trucks to be around $1.88/100kms.
    [33%*((11l/100kms)*$0.52/l)].

$1.88/100kms

  - Transport Canada estimated that idling of cars results in 0.832 litres of fuel consumed per hour.

- Travel time saving is on average $11[28] per hour for auto travellers and $9.73 per hour for bus travellers.

$11/hr. for auto and $9.73/hr. for bus

- Accident reduction rate: winter maintenance including the use of salt can reduce vehicle accident of up to 88.3%[29]

Acc. decr. Rate 88.3%

- Accident costs saving[30]: Cost saving related to vehicle accident by type of accident are respectively $1,594,412 per fatality[31], $28,618 per injury and $5,724 per property damage.

$1,594,412/fat.
$28,618/inj.
$5,724/dam.

Indirect Benefits

Reduction in liability claims

- Decrease in claims and liabilities: Keeping road reasonably

safe can decrease the number of road-related vehicle accidents, thus the number of accident claims and liability to provinces, road authorities and insurance companies. This data is not available.

Maintaining economic activities

- Reduction in production losses: Enterprises can suffer from losses in productivity due to the following factors: lateness and/or absenteeism by employees to the workplace, unavailability of inputs to production. No data is readily available.
- Reduction of losses in good shipments: Non-bare road or lack of safe travel conditions can delay shipments of goods to delivery points, which affect sales. There are no estimates for such losses.
- Cost to trucking activities during severe storms is not available.
- Reduction in wage losses:
  - Wage loss due to lateness to work is estimated to be on average $27[32] per hour per paid-by-the-hour worker

$27/hr/ worker

- Wage loss due to absenteeism to work can be negligible, in part, because of teleworking opportunity (in the service sector). Due to modern ways of conducting winter maintenance, it is unlikely that the economic activity of an entire province will be completely shut down.

Access to social activities

- Emergency response time: Although acknowledge as being an important factor in term of life saved on workplace accident and household accident, for example, there exist no economic valuation of such benefit.
- Social activities: No study had attempted to economically determine the benefit derived from ability to participate in social activities during a winter storm due to better road travel conditions.

Concluding remark: To our knowledge, the partial indicators presented in this document are the ones that are presently available for use. They can be further improved as better information become available. The partial indicators will be used with complementary data so the costs and benefits of winter maintenance can be computed for a specific province or for the country.

Unfortunately, most of the partial indicators for the indirect benefit of winter maintenance could not be gathered or estimated. Thus, a methodology need to be

developped or further research need to be done in order to come up with some estimates of these benefits.

While we acknoledge the uncertainties associated with the estimates, we are confident that they are the best partial indicators that are available.

---

[1] The term "Road salts" refers to Sodium Chloride.
[2] Personal communication. Province of Saskatchewan - Ref: 29
[3] Ibid.
[4] Socio-Economic Background and Options Study on the Canadian Salt Industry, 1999, Cheminfo Service Inc.
[5] Personal communication. Province of Saskatchewan - Ref: 29
[6] Personal communication. Province of Saskatchewan - Ref: 29
[7] Life Cycle Cost-Benefit Model for Road Weather Information System, Transportation research record 1627, # 98-0882, pgs: 41-48.
[8] It is estimated that road salt does not affect asphalt, thus salt has no effects on road surface per se. Source: Environmental Impact of Road Salting, Jones et al., 1986.
[9] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[10] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[11] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[12] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[13] IRC and partners identifying rebar corrosion solutions, Robert Bullis, 1998. Www.nrc.ca.irc/fulltext/prac/visi92.html
[14] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[15] Corrosion and Alternate Deicers, R.L. McGrum, in Chemical Deicers and the Environment, F.M. D'Itri, Lewis Publishers, 1992. Dollar value is based on saskatchewan data.
[16] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[17] Ibid.
[18] Telephone unterview with car dealers in the Ottawa-Hull area.
[19] "The GPI water quality account", Sara Justine, July 2000. Province of Nova Scotia.
[20] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[21] Personal communication, Ctity of Ottawa
[22] Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate (1991), Special report 235, TRB-NRC.
[23] Ibid.
[24] Ibid.
[25] Ibid.
[26] Salt Institute, Internet web site: http://www.saltinstitute.org/30.html
[27] "GHG reduction benefits of intelligent transportation system - Final report, Transport Canada, June 1999
[28] Guide to Benefit-Cost analysis in Transport Canada, Transport Canada, 1994.
[29] Salt Institute, Internet web site: http://www.saltinstitute.org/30.html
[30] Guide to Benefit-Cost analysis in Transport Canada, Transport Canada, 1994.
[31] Environment Canada estimated that the value of human statistical life is $5,485,049.
[32] Source: Average hourly earnings, serie L76126, CANSIM (StatsCan). This number is the average

rate-hour of salaried worker. We estimated that this number is representative of the loss that a paid-by-the-hour worker will suffer if he is one hour late to the workplace.

103-02987/

Activités d'entretien routier hivernal et usage du sel de voirie au Canada :

Abrégé des indicateurs de coûts et avantages

Les activités d'entretien routier hivernal présentent nombres d'avantages pour l'économie et la société en général. Le sel de voirie[1], qui vise à accélérer le dégagement de la chaussée, est nuisible à l'environnement, qui est essentiel au maintien de la vie.

Nous présentons ici les indicateurs de base partiels dont on dispose sur les coûts et avantages de l'entretien routier hivernal par l'utilisation du sel de voirie et ils peuvent servir à extrapoler les avantages de l'entretien hivernal et les coûts engendrés par l'utilisation du sel de voirie pour le Canada et les provinces.

Tableau A : Détails des coûts et avantages de l'entretien hivernal avec le sel de voirie comme agent de déglaçage.

Coûts	Avantages
Directs : • Coût du matiériel (sel) • Coût de l'équipement • Coût de la main d'œuvre	Directs : • économies d'essence • gains de temps de déplacement • prévention de décès, blessures et dommages aux véhicules
Indirects : • Coût pour les infrastructures • Coût pour les véhicules motorisés (sur la route) • Coût environnemental	Indirects : • Réduction des poursuites en responsabilité contre l'administration routière (pour conditions routières dangereuses). • Maintien de l'activité économique (production, transport et revenus) • Maintien de l'accès aux activités sociales.

Les éléments sous-jacents des divers coûts et avantages énumérés au tableau A serviront à recenser et à classer les indicateurs économiques partiels acquis qui sont actuellement à notre disposition. Les indicateurs partiels représentés ici par une valeur en dollars sont en dollars canadiens de 1998 (données ajustées selon l'inflation et le taux de change).

Section 1: Indicateurs partiels associés à l'épandage de sel sur les routes

À partir de notre analyse approfondie de la documentation, qui comprenait, entre autres, des cyberdocuments et d'autres communications personnelles, nous présentons ici les indicateurs partiels dont nous disposions sur les coûts et avantages de l'entretien hivernal avec épandage de sel sur les routes. Les indicateurs partiels ne doivent être utilisés que dans le contexte indiqué; veuillez communiquer avec la DARE (direction de l'analyses réglementaires et économiques) afin de savoir comment adapter les indicateurs partiels à des cas particuliers.

Indicateurs partiels des coûts de l'entretien hivernal avec épandage de sel de voirie

	Indicateurs
Coûts directs Indicateurs partiels généraux Selon les données fournies par l'une des provinces avec laquelle nous avons communiqué (ne concerne pas l'Ontario), nous avons évalué que :	
• Le coût direct de l'entretien hivernal, par kilomètre d'autoroute, est d'environ 530$/km^2;	**530$/km**
• Le coût direct de l'entretien hivernal, par tonne de sel épandu sur les autoroutes, pour cette même province, est d'environ 320$/tonne[3]	**$320/tonne**
Matériau (sel de voirie)	
• Le prix du sel au Canada varie d'un endroit à l'autre et peut se situer entre 20$[4] et 80$. Le prix moyen par tonne est estimé à 50$ pour le pays.	**50$/tonne**
Épandage du sel	
• Le coût de l'équipement, pour l'une des provinces, est estimé en moyenne à 30$[5] l'heure par véhicule (camion, chasse-neige, etc.).	**30$/heure/véh.**
• On estime que le coût de la main-d'œuvre varie entre 14% et 23$[6] l'heure par travailleur, selon l'une des provinces. Le Transportation Research Board estime que ce coût se situe autour de 38$[7] l'heure par travailleur.	**14-23/heure /travailleur. Le TRB estime ce coût à 38$/ heure/travailleur**
Coûts indirects Infrastructures[8]	
• Ponts : On estime que 1,5% de la surface des ponts existants doit être réparée chaque année en raison de la contamination saline.	**1,5% des ponts par année**

- Le coût de réparation du tablier d'un pont altéré par le sel est en moyenne de 763$[9] le mètre carré par année. **763$/m²/an**
- On estime que le coût moyen de protection contre la contamination saline d'un nouveau tablier de pont est de 76$[10] le mètre carré. **76$/m²**

- Garages[11] : Chaque année, en moyenne, 1 garage existant sur 10 a besoin d'être réparé au cours d'une période de 10 ans (1% par année). **1/10 garages/an**
  - Le coût moyen de réparation d'un garage multi-étages type est de 143$[12] le mètre carré. **143$/m²**
  - On estime que le coût annuel des réparations d'une passerelle endommagée est de 300 000$[13]. Dans l'hypothèse que 50% des réparations requises le sont en raison de la contamination saline, nous estimons que le coût se situe autour de 150 000$ par année par garage (chaque année, au Canada, 600 garages de stationnement doivent être réparés) **150 000$/an/garage**
  - Le coût de protection supplémentaire d'un nouveau garage équivaut à 1%[14] du coût de construction initial. **1% du coût initial**
- Services souterrains : *Le coût engendré par la corrosion des services souterrains est évalué à 5[15] fois celui du coût de l'épandage d'une tonne de sel sur la route (5 X 319$/tonne = 1 595$/tonne).* *1 595$/tonne*

143$/véh./an

Véhicules (routiers)

- Le coût de dépréciation d'un véhicule due à la corrosion saline est estimé à 143$[16] par véhicule par année. **316$/véhicule**
- Le coût de protection d'un véhicule contre la corrosion saline est estimé à 316$[17] par véhicule neuf. Compte tenu de l'évolution des techniques de l'industrie automobile moderne, cet indicateur peut être considéré comme surestimé. D'après nos conversations avec des concessionnaires d'automobiles de la région d'Ottawa-Hull, nous estimons que ce coût se situe autour de 29$[18] par voiture par année. **29$/an/véhicule**

Environnement : **20% des puits**

Eau

- Puits : On estime que, dans l'une des provinces, 20%[19] des puits situés près de routes recevant de grandes quantités de sel sont contaminés par le sel de voirie. **5 500$ - 16 000$ par puits par an (10 000$/puits/an pour l'Ontario)**
  - Selon les données provenant de certaines provinces, nous estimons que le coût des poursuites relatives aux puits se situe entre 5 500 et 16 000$ par puits par année.
- Eau de surface : Aucune donnée concernant le coût de la contamination saline de l'eau de surface n'était à notre disposition. **1,86 arbre/km/an**

Végétation

- Arbres : On estime que, chaque année, en moyenne, le long d'une autoroute, 1,86 arbre par km est altéré par le sel et doit être remplacé[20]. On estime qu'au centre-ville d'Ottawa, le taux moyen de mortalité des arbres se situe entre 10 et 15%[21] chaque année (pas nécessairement lié au sel de voirie).
  - Selon le Transportation Research Board, le coût de remplacement d'un arbre mature est évalué à 886$[22]. La Ville d'Ottawa estime que le coût total de remplacement d'un arbre mature est d'environ 300$ (pour un jeune arbre et deux ans d'entretien).
- Arbustes : Chaque année, 0,6 arbuste contaminé par le sel par km doit être remplacé, à un coût moyen de 115$[23]. La Ville d'Ottawa estime que le coût de remplacement annuel d'un arbuste est de 25$.
- Pelouses : Le coût moyen de réparation d'une pelouse endommagée par le sel est estimé à 378$[24] par hectare par année.

886$/arbre

300$/arbre (Ville d'Ottawa)

115$/0,6 arbuste/km
25$/arbuste (Ville d'Ottawa)

378$/ha

Sol

- Le sol pollué par le sel peut être traité avec du gypse, au coût total estimatif de 473$[25] par hectare par année.

473$/ha/an

Biote

- Nous ne possédons par d'indicateurs partiels du coût engendré par l'utilisation du sel de voirie à l'égard de la faune (cerfs, élans, oiseaux) et des organismes aquatiques intolérants au sel qui vivent dans l'eau douce (poissons, micro-organismes et plantes aquatiques).

Indicateurs partiels des avantages de l'entretien hivernal avec épandage de sel de voirie

Avantages directs

Véhicules (routiers)

- Économies de carburant : La conduite sur une chaussée dégagée permet d'économiser jusqu'à 33%[26] de carburant, comparativement à la conduite sur une chaussée enneigée ou glacée.
  - Efficacité énergétique[27] : Le rendement du carburant aux 100 kilomètres est d'environ 11 litres pour les voitures et camionnettes et de 17 litres pour les camions munis d'un

33% moins de carburant

11 l/100 km
17 l/100 km

moteur à essence.

- Nous avons estimé que la valeur pécuniaire des économies de carburant des voitures et des camionnettes se situe autour de 1,88$/100 km.

  [33% X ((11 l/100 km) X 0,52$/l)].

- Transport Canada a évalué qu'une voiture immobile consomme 0,832 litre de carburant à l'heure.

1,88$/100 km

- L'économie relative au gain de temps moyen lors des déplacements est de 11$[28] l'heure pour les utilisateurs d'une voiture et de 9,73$ l'heure pour les passagers d'un autobus.
- Taux de réduction des accidents : L'entretien hivernal avec épandage de sel peut réduire les accidents de la route dans une proportion pouvant atteindre 88,3%[29].
- Économie relative aux coûts des accidents[30] : Les économie de coûts relatifs aux accidents de la route, par type d'accident, sont de 1 594 412$ par décès[31], de 28 618$ par blessure et de 5 724$ par dommage matériel.

11$/h pour une voiture et 9,73$/h pour un autobus

Taux de réduction des accidents 88,3%

1 594 412$/dé. 28 618$/bles. 5 724$/domm.

Avantages indirects

Réduction des poursuites en responsabilité

- Réduction des poursuites et des indemnités : Garder les routes raisonnablement sécuritaires peut engendrer une diminution du nombre d'accidents dus à l'état de la chaussée et, par conséquent, une réduction des poursuites contre les provinces et les autorités routières et des indemnités qu'elles et les sociétés d'assurances doivent payer. Cependant, nous n'avons aucune donnée concernant cette hypothèse.

Maintien des activités économiques

- Réduction des pertes de production : Les entreprises peuvent enregistrer des pertes de production en raison du retard et(ou) de l'absentéisme des employés qui se rendent au travail ou de la non-disponibilité des ressources de production. Actuellement, nous n'avons aucune donnée à notre disposition concernant cette hypothèse.
- Réduction des pertes causées par la non-livraison de la marchandise : Les routes non dégagées ou non sécuritaires peuvent retarder la livraison de marchandises, ce qui nuit aux ventes. Il n'existe aucune estimation concernant de telles pertes.
- Nous n'avons aucune donnée de coût sur le transport par camion durant les tempêtes de neige majeures.
- Réduction des pertes salariales :
  - La perte salariale moyenne causée par un retard au travail est estimée à 27$[32] l'heure par travailleur rémunéré à l'heure.

- Les pertes salariales dues à l'absentéisme peuvent être négligeables, en partie en raison des possibilités du télétravail (dans le secteur des services). En raison des techniques modernes d'entretien hivernal, il est improbable que les activités économiques de toute une province soient entièrement paralysées.

27$/h/travail.

Accès aux activités sociales

- Délai d'intervention d'urgence : Bien que l'état des routes soit reconnu comme un important facteur en matière d'intervention pour sauver des vies lors d'accidents de travail ou à la maison, par exemple, il n'existe aucune évaluation économique de cet avantage.
- Activités sociales : Aucune étude n'a été menée afin d'évaluer l'avantage économique engendré par la possibilité, grâce à un meilleur état de la route, de participer à des activités sociales durant une tempête hivernale.

Pour terminer : À notre connaissance, les indicateurs partiels présentés dans ce document sont ceux qui existent actuellement. Ils pourront être modifiés ultérieurement à mesure que de meilleures données seront mises à notre disposition. Les indicateurs partiels seront jumelées à des données complémentaires afin d'évaluer la rentabilité de l'entretien hivernal par province ou à l'échelle nationale.

Malheureusement, la plupart des indicateurs partiels concernant les avantages indirects de l'entretien hivernal n'ont pas pu être recueillis ou évalués. Par conséquent, il faut mettre au point une méthodologie ou mener de plus amples recherches afin d'arriver à mieux évaluer ces avantages.

Bien que nous reconnaissions les incertitudes associées aux évaluations, nous croyons fermement que ces indicateurs partiels sont les meilleurs dont nous disposons.

---

[1] Le terme « sel de voirie » fait référence au chlorure de sodium.
[2] Renseignement obtenu de la province de la Saskatchewan – Réf. : 29
[3] *Ibid.*

[4] *Socio-Economic Background and Options Study on the Canadian Salt Industry*, Cheminfo Service Inc., 1999.
[5] Renseignement obtenu de la province de la Saskatchewan – Réf. : 29
[6] Renseignement obtenu de la province de la Saskatchewan – Réf. : 29
[7] *Life Cycle Cost-Benefit Model for Road Weather Information System*, Transportation research record 1627, n° 98-0882, p. 41-48.

[8] On estime que le sel de voirie n'altère pas l'asphalte et, par conséquent, le sel n'a aucun effet sur la couche de surface en tant que telle. Source : Jones et coll. *Environmental Impact of Road Salting*, 1986.
[9] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[10] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[11] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[12] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[13] BULLIS, Robert. « IRC and partners identifying rebar corrosion solutions » (1998). www.nrc.ca.irc/fulltext/prac/visi92.html
[14] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[15] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[16] D'ITRI, F.M. *Corrosion and Alternate Deicers, R.L. McGrum, in Chemical Deicers and the Environment*, Lewis Publishers, 1992. Les valeurs en dollars sont basées sur les données provenant de la Saskatchewan.
[17] *Ibid.*
[18] Entrevue téléphonique avec des concessionnaires d'automobiles de la région d'Ottawa-Hull.
[19] «The GPI water quality account», Sara Justine, July 2000. Province de la Nouvelle-Écosse.
[20] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[21] Renseignement obtenu de la Ville d'Ottawa
[22] *Highway Deicing: Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Special report 235, TRB-NRC, 1991.
[23] *Ibid.*
[24] *Ibid.*
[25] *Ibid.*
[26] Salt Institute, site Web : http://www.saltinstitute.org/30.html
[27] *GHG reduction benefits of intelligent transportation system - Final report*, Transports Canada, juin 1999.
[28] *Guide de l'analyse coûts-avantages de Transports Canada* (1994).
[29] Salt Institute, site Web : http://www.saltinstitute.org/30.html
[30] *Guide de l'analyse coûts-avantages de Transports Canada* (1994).
[31] Environnement Canada a estimé que la valeur statistique de la vie humaine est de 5 485 049$.
[32] Source : Gains horaires moyens, série L76126, CANSIM (Statistique Canada). Ce nombre représente le gain horaire moyen d'un travailleur salarié. Nous avons estimé qu'il était représentatif de la perte qu'un employé rémunéré à l'heure assumerait s'il arrivait une heure en retard à son travail.